



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001228081 A**(43) Date of publication of application: **24.08.01**

(51) Int. Cl

G01N 21/27(21) Application number: **2000038672**(22) Date of filing: **16.02.00**(71) Applicant: **SHARP CORP**(72) Inventor: **FUJITA TATSUYA
SATO TAKASHI**(54) **APPARATUS AND METHOD FOR
DISCRIMINATING CRYSTAL STRUCTURE OF Ta
THIN FILM**

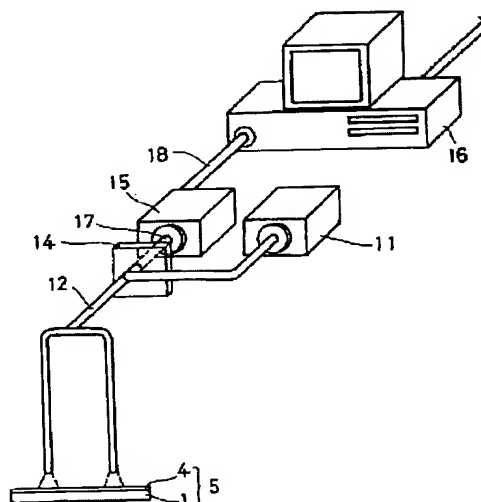
are provided.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a means for measuring whether a Ta thin film having low resistance, is formed at a plurality of arbitrary places in the surface of a substrate for an extremely short time in a non-contact state, without damaging the Ta thin film formed on the substrate.

SOLUTION: A light source 11 generating light, an optical fiber 12 for guiding light to a plurality of places on the Ta thin film formed on a substrate 1 to irradiate the Ta thin film and guiding the reflected lights from the Ta thin film, a shading shutter 14 permitting the reflected lights from a plurality of irradiation positions to pass while cutting off other reflected light, a spectral means 15 for diffracting the reflected lights into their intensities for each wavelength and a discrimination means 16, for discriminating whether α -Ta is formed in the Ta thin film on the basis of the intensities of the reflected lights at each wavelength



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-228081
(P2001-228081A)

(43) 公開日 平成13年 8 月24日 (2001. 8. 24)

(51) Int.Cl.⁷
G 0 1 N 21/27

識別記号

F I
G 0 1 N 21/27

データベース (参考)
B 2 G 0 5 9

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-38672(P2000-38672)

(22) 出願日 平成12年 2 月16日 (2000. 2. 16)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 藤田 達也

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 佐藤 崇

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100075557

弁理士 西教 圭一郎

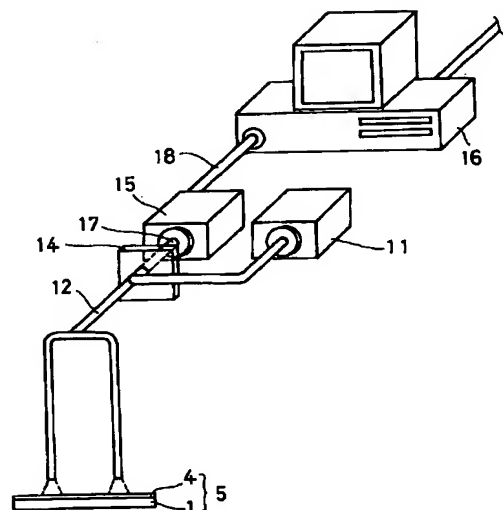
Fターム (参考) 2G059 AA05 BB10 BB15 DD12 EE02
EE12 FF06 HH02 HH06 JJ17
JJ23 PP04

(54) 【発明の名称】 Ta 薄膜結晶構造判別装置およびその方法

(57) 【要約】

【課題】 基板上に形成された Ta 薄膜を損傷することなく非接触で極短時間に、基板面内の任意の複数箇所で、低抵抗を有する Ta 薄膜が形成されたか否かを測定する手段を提供する。

【解決手段】 光を発生する光源 11 と、光を基板 1 上に形成された Ta 薄膜上の複数箇所に導いて照射してその反射光を導く光ファイバ 12 と、複数の照射位置の反射光のうちから選択した 1 つを通過させそれ以外を遮断する遮光シャッタ 14 と、反射光を波長ごとの反射光の強度に分解する分光手段 15 と、分解された波長ごとの反射光の強度に基づいて、Ta 薄膜に α -Ta が形成されているか否かを判別する判別手段 16 とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光を発生する光源と、

光源からの光を、T a 薄膜が基板上に形成された成膜品のT a 薄膜に向けて照射し、その反射光を導く光伝送手段と、

前記光伝送手段によって導かれた反射光を受け、T a 薄膜の結晶構造が反射光強度に対応しているという特性を利用して、T a 薄膜の結晶構造を解析するための解析手段とを含むことを特徴とするT a 薄膜結晶構造判別装置。

【請求項2】 前記光伝送手段は、一端部が前記光源に望み、他端部が成膜品のT a 薄膜から間隔をあけて、異なる照射位置に配置される複数の光照射用光ファイバと、該光照射用光ファイバに対応して設けられ、一端部が前記解析手段に望み、他端部が光照射用光ファイバの前記他端部に近接してT a 薄膜に望む複数の反射光用光ファイバとから成る光ファイバと、前記光ファイバが受光した複数の照射位置からの反射光のうちから選択された1つの照射位置からの反射光を通過させ、それ以外を遮断する遮光シャッタとを含むことを特徴とする請求項1記載のT a 薄膜結晶構造判別装置。

【請求項3】 前記解析手段は、T a 薄膜から受光した反射光を波長ごとの反射光の強度に分解するための分光手段と、前記分光手段によって分解された波長ごとの反射光の強度に基づいて、T a 薄膜の結晶構造の種類を判別するための判別手段とを含むことを特徴とする請求項1記載のT a 薄膜結晶構造判別装置。

【請求項4】 前記判別手段は、波長400～700nmの範囲の所定の波長における、 α -T a が形成されたT a 薄膜とそれ以外の結晶構造のT a が形成されたT a 薄膜との反射光の強度の差を利用して、T a 薄膜の結晶構造の種類が、体心立方構造の α -T a であるか否かを、判別することを特徴とする請求項3に記載のT a 薄膜結晶構造判別装置。

【請求項5】 前記解析手段は、前記判別手段によって基板上にT a 薄膜が形成された成膜品表面の複数箇所において判別されたT a 薄膜の結晶構造の種類から、前記成膜品表面での結晶構造分布を解析する分布取得手段を含むことを特徴とする請求項3記載のT a 薄膜結晶構造判別装置。

【請求項6】 前記光伝送手段は、T a 薄膜が基板上に形成された成膜品が作製される成膜装置において、成膜を終了した基板が取出される出口部分に設置されることを特徴とする請求項1記載のT a 薄膜結晶構造判別装置。

【請求項7】 光源からの光を基板上に形成されたT a 薄膜に向けて照射して、反射する光を受光するステップと、

受光した反射光の強度に基づいて、T a 薄膜の結晶構造を解析するステップとを含むことを特徴とするT a 薄膜結晶構造判別方法。

【請求項8】 前記解析するステップは、T a 薄膜から受光した反射光を波長ごとの反射光の強度に分解するステップと、分解された波長ごとの反射光の強度に基づいて、T a 薄膜の結晶構造の種類を判別するステップとを含むことを特徴とする請求項9記載のT a 薄膜結晶構造判別方法。

10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示装置の配線用電極に用いるT a (タンタル) 膜に関し、特にT a 薄膜の結晶構造の判別に関する。

【0002】

【従来の技術】薄型および低消費電力という特徴を有する液晶表示装置が注目を集めている。このような液晶表示装置に用いられるMIM (Metal-Insulator-Metal, 薄膜ダイオード) 素子およびTFT (Thin Film Transistor, 薄膜トランジスタ) 素子の駆動用配線の電極材料として、陽極酸化が可能であり、耐薬品性および耐食性に優れたT a 薄膜が広く用いられている。通常のスパッタリング技術を用いて成膜されるT a 薄膜は、正方格子構造の β -T a と呼ばれる膜として形成され、その比抵抗は $170 \sim 200 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ と高い。近年の大画面、高精細化および高開口率への要望が高まっているなかで、低抵抗化が重要な要素となっているので、 β -T a は好ましくなく低抵抗を有するT a 薄膜が要請されている。この要請に対応して、特開平3-293329号公報、特開平5-48097号公報および特開平5-289091号公報に、窒化T a 薄膜上にT a 薄膜を積層する製造過程において、上層のT a 薄膜を、 α 相化して体心立方構造の α -T a とし、比抵抗 $20 \sim 30 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ とすることによって、低抵抗を有するT a 薄膜を得る技術が開示されている。この技術を用いて成膜された低抵抗を有するT a 薄膜である α -T a が、配線材料として実際に利用されている。

【0003】 α -T a が形成されるためには、微妙な条件制御が必要で、わずかなスパッタリング条件の変動および何らかの装置の故障などによって、低抵抗を有するT a 薄膜である α -T a が形成されない場合がある。したがって低抵抗を有するT a 薄膜が形成されたことを確認する必要がある。低抵抗を有するT a 薄膜である α -T a が形成されたか否かを判断する方法としては、X線回折によって結晶構造を観察して直接的に、または膜の比抵抗を測定して間接的に判断する方法がある。生産現場では簡便のため、膜のシート抵抗を測定してシート抵抗値と膜厚とから比抵抗を算出し、 α -T a が形成されたか否かを判断している。シート抵抗は4探針法を用いて測定される。4探針法では金属の測定針を直接膜表面

に接触させる必要がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】前記4探針法では直接測定針が膜面に接触するので、膜を損傷するという問題がある。膜の損傷は断線などの製品不良の原因となるので、実際の生産現場ではT a薄膜が基板上に形成された成膜品である製品を全数測定することができず、何枚かごとに抜き取りでしか測定できないという問題がある。仮に全数シート抵抗を測定するとしても、測定箇所は製品品質上膜の損傷が問題にならない極限られた箇所限定されるので、基板面内での抵抗分布を確認することはできない。

【0005】本発明の目的は、基板上に形成されたT a薄膜を損傷することなく非接触で極短時間に、基板面内の任意の複数箇所、低抵抗を有するT a薄膜が形成されたか否かを測定する手段を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、光を発生する光源と、光源からの光を、T a薄膜が基板上に形成された成膜品のT a薄膜に向けて照射し、その反射光を導く光伝送手段と、前記光伝送手段によって導かれた反射光を受け、T a薄膜の結晶構造が反射光強度に対応しているという特性を利用して、T a薄膜の結晶構造を解析するための解析手段とを含むことを特徴とするT a薄膜結晶構造判別装置である。

【0007】本発明に従えば、膜面に非接触のままで測定可能な反射強度を利用して、T a薄膜の結晶構造を判定することによって、膜を損傷することなく、生産現場において抜き取りではなく成膜品についてインラインで全数検査ができ、製品歩留まりの向上、製品品質の安定管理に寄与することができる。

【0008】また本発明は、前記光伝送手段は、一端部が前記光源に望み、他端部が成膜品のT a薄膜から間隔をあけて、異なる照射位置に配置される複数の光照射用光ファイバと、該光照射用光ファイバに対応して設けられ、一端部が前記解析手段に望み、他端部が光照射用光ファイバの前記他端部に近接してT a薄膜に望む複数の反射光用光ファイバとから成る光ファイバと、前記光ファイバが受光した複数の照射位置からの反射光のうちから選択された1つの照射位置からの反射光を通過させ、それ以外を遮断する遮光シャッタとを含むことを特徴とする。

【0009】本発明に従えば、複数箇所からの反射光を受光する光ファイバを用いることによって、より短時間で測定できるので、製品良品率および生産効率の向上、ひいては製品原価の低減に大きく寄与できる。

【0010】また本発明は、前記解析手段は、T a薄膜から受光した反射光を波長ごとの反射光の強度に分解するための分光手段と、前記分光手段によって分解された波長ごとの反射光の強度に基づいて、T a薄膜の結晶構造

の種類を判別するための判別手段とを含むことを特徴とする。

【0011】本発明に従えば、波長ごとの反射光の強度に基づいてT a薄膜の結晶構造を解析することによって、より確実にT a薄膜の結晶構造の判定することができ、製品歩留まりの向上、製品品質の安定管理に大きく寄与することができる。

【0012】また本発明は、前記判別手段は、波長400～700nmの範囲の所定の波長における、 α -T aが形成されたT a薄膜とそれ以外の結晶構造のT aが形成されたT a薄膜との反射光の強度の差を利用して、T a薄膜の結晶構造の種類が、体心立方構造の α -T aであるか否かを、判別することを特徴とする。

【0013】本発明に従えば、より確実に α -T a薄膜が形成されたか否かを判定することができ、成膜不良の発生をより容易かつ正確に判断することが可能である。

【0014】また本発明は、前記解析手段は、前記判別手段によって基板上にT a薄膜が形成された成膜品表面の複数箇所において判別されたT a薄膜の結晶構造の種類から、前記成膜品表面での結晶構造分布を解析する分布取得手段を含むことを特徴とする。

【0015】本発明に従えば、基板面内での結晶構造分布が判断されることによって、基板面内で低抵抗を有する α -T aが形成され難い箇所などを容易に判断して、成膜処理の改善に寄与することができるので、製品良品率および生産効率の向上、ひいては製品原価の低減に大きく寄与できる。

【0016】また本発明は、前記光伝送手段は、T a薄膜が基板上に形成された成膜品が作製される成膜装置において、成膜を終了した基板が取出される出口部分に設置されることを特徴とする。

【0017】本発明に従えば、成膜された基板におけるT a薄膜の結晶構造を成膜直後に判別することができるので、成膜不良の発生を成膜直後に発見することが可能であり、不良発生による損害を最小限におさえることが可能である。

【0018】本発明は、光源からの光を基板上に形成されたT a薄膜に向けて照射して、反射する光を受光するステップと、受光した反射光の強度に基づいて、T a薄膜の結晶構造を解析するステップとを含むことを特徴とするT a薄膜結晶構造判別方法である。

【0019】本発明に従えば、T a薄膜からの反射光の強度によって該T a薄膜の結晶構造を解析することによって、成膜後の基板を損傷することなく成膜した全基板についてT a薄膜の結晶構造の判定を実施することが可能となり、製品歩留まりの向上、製品品質の安定管理に大きく寄与することができる。

【0020】また本発明は、前記解析するステップは、T a薄膜から受光した反射光を波長ごとの反射光の強度に分解するステップと、分解された波長ごとの反射光の

強度に基づいて、T a 薄膜の結晶構造の種類を判別するステップとを含むことを特徴とする。

【0021】本発明に従えば、波長ごとの反射光の強度に基づいてT a 薄膜の結晶構造を解析することによって、より確実にT a 薄膜の結晶構造の判定することができ、製品歩留まりの向上、製品品質の安定管理に大きく寄与することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の一形態であるT a 薄膜結晶構造判別装置の構成について、図面を用いて詳細に説明する。本発明のT a 薄膜結晶構造判別装置は、 α -T a、 β -T a、ならびに α 相および β 相が混在するT a 薄膜である $\alpha + \beta$ 相T a の各T a 薄膜の結晶構造に応じて、比抵抗および反射率が異なるという特性を利用する。この特性を利用すれば、基板上にT a N 薄膜およびT a 薄膜を順次積層した成膜品について、その表面のT a 薄膜の反射強度を調べることによって、各T a 薄膜の結晶構造を判別することができる。本発明のT a 薄膜結晶構造判別装置において利用する特性の詳細については後述する。

【0023】図1は、本発明の実施の一形態であるT a 薄膜結晶構造判別装置の概略構成を示す構成図である。該T a 薄膜結晶構造判別装置は、光源11、光ファイバ12、遮光シャッタ、分光器15、計算機16、光ファイバ17および光ファイバ18を含む。

【0024】光源11には、可視光域で400nm~700nmの波長を有する光を照射できるハロゲンランプなどが用いられる。光源11は、後述する計算機16での判別に利用する波長を含む、一定の波長領域を有する光を照射できればよく、可視光を照射できる光源に限るものではない。また分光器15などの光学部品にはその波長域をカバーできる部品が使用される。

【0025】光ファイバ12は、光源11からの光を成膜品5上に導くとともに成膜品5からの反射光を受光する。遮光シャッタ14は、成膜品5から光ファイバ12によって導かれた複数の反射光のうちから選択する1つ以外の反射光を遮断する。分光器15は、遮光シャッタ14で遮断されずに通過させられた反射光を波長ごとの光強度に分解する。計算機16は、分光器15で分解された波長ごとの光強度を解析して結晶構造の判別を行う。

【0026】図2は、図1に示す光ファイバ12の構成を詳細に説明するための構成図である。光ファイバ12は、光源11からの光を成膜品5上に導く光ファイバ端21と、光源11からの光を成膜品5上の測定点Aに導いて測定点Aからの反射光を分光器15に導く光ファイバ端22と、光源11からの光を成膜品5上の測定点Bに導いて測定点Bからの反射光を分光器15へ導く光ファイバ端23と、測定点Aおよび測定点Bからの反射光を分光器15へ導く光ファイバ端24とを含む。

【0027】光ファイバ端21は、2つの光ファイバ端21aおよび21bを含む。光ファイバ端21aおよび21bは光源11からの光を各々測定点Aおよび測定点Bに導く。光ファイバ端22は、2つの光ファイバ端22aおよび22bを含む。光ファイバ端22aは光源11からの光を成膜品5上の測定点Aへ導く光ファイバ端であって、前述の光ファイバ端21aとともに1本の光ファイバを構成している。また光ファイバ端22bは成膜品5上の測定点Aからの反射光を分光器15へ導く。

【0028】光ファイバ端23は、2つの光ファイバ端23aおよび23bを含む。光ファイバ端23aは光源11からの光を成膜品5上の測定点Aへ導く光ファイバ端であって、前述の光ファイバ端21bとともに1本の光ファイバを構成している。また光ファイバ端23bは成膜品5上の測定点Bからの反射光を分光器15へ導く。

【0029】光ファイバ端24は、2つの光ファイバ端24aおよび24bを含む。光ファイバ端24aは、成膜品5上の測定点Aからの反射光を分光器15へ導く光ファイバ端であって、前述の光ファイバ端22bとともに1本の光ファイバを構成している。また光ファイバ端24bは成膜品5上の測定点Bからの反射光を分光器15へ導くものであり、前述の光ファイバ端23bとともに1本の光ファイバを構成している。

【0030】図3は、図1に示す遮光シャッタ14の概略構成を説明するための構成図である。遮光シャッタ14は、遮光シャッタ14aおよび図示しない遮光シャッタ14bから成り、図2に示す光ファイバ端24aまたは24bの先端と、分光器15との間にそれぞれ設けられている。遮光シャッタ14aと遮光シャッタ14bとは、全く同じ構成であるので、図3には遮光シャッタ14aのみを示す。

【0031】光ファイバ端24aの先端に設けられた遮光シャッタ14aは、同軸に内径が変化されて開閉することによって、成膜品5上の測定点Aからの反射光を通過させ、または遮断して、受光を制限する。また光ファイバ端24bの先端に設けられた別の遮光シャッタは、その開閉によって成膜品5上の測定点Bからの反射光を通過させ、または遮断して、受光を制限する。遮光シャッタ14aおよび14bのうちの一方の遮光シャッタを閉じ、他方の遮光シャッタを開くことによって、成膜品5上の測定点AおよびBからの反射光の一方のみを選択して分光器15に導くことが可能である。

【0032】前述のように、本発明の実施の一形態であるT a 薄膜結晶構造判別装置において、光ファイバ12は、測定点を2点有する構成として示したが、測定点は2点に限るものではなく、1点でも3点以上でもよい。適当な複数の測定点を有する光ファイバ2とすれば、成膜品5上で光ファイバ12を動かす回数を少なくして、効率よく測定することができる。なお前記遮光シャッタ

14の数は、光ファイバ12の測定点に対応して取り付けられる。

【0033】図4は、図1に示す分光器15および計算機16が実行する結晶構造判別の処理手順を説明するためのフローチャート図である。まず分光器15によって、成膜品5から光ファイバ12によって導かれた2つの反射光のうちから選択されて、遮光シャッタ14で遮断されずに通過させられた反射光を波長ごとの光強度（スペクトル）に分解する（S1）。計算機16は分光器15から波長ごとのスペクトルデータを取得し（S2）、スペクトルデータからA1薄膜を対照とした反射率を算出する。前記判別条件を計算機16に予め入力しておき、該判別条件に従って、算出した反射率からTa薄膜の結晶構造を判別する（S3）。判別した結晶構造を計算機16の画面上に表示する（S4）。

【0034】図5は、図1に示すTa薄膜結晶構造判別装置の設置例を示す側面図である。図6は、図5の側面図に対応する平面図および平面拡大図であり、（a）は平面図および（b）は（a）に示す一部の平面拡大図である。図5および図6に示すように、図1に示す光ファイバ12が内部に設けられたセンサ30が、成膜品5に対してほぼ垂直な光を照射できるように、スパッタ装置36のアンロード室34の開閉可能な蓋であるゲートバルブ33の上部に設けられる。基板搬送ロボット31は、アンロード室34から成膜後の基板を一枚取出して、ロボットハンド32上に載せてセンサ30の真下に成膜品5上の検査すべき任意の部分が位置するように移動する。ロボットハンド32は支持体35によって、水平方向に自由に角度を変更できる。これによりセンサ30は、成膜品5上の所望する任意の複数測定点について、反射光の強度を測定することができる。測定された光強度を基に、図1の分光器15および計算機16において、前述の図4のようにして処理され、低抵抗を有する α -Taの結晶構造を有するTa薄膜が形成されたか否か判別される。

【0035】前述のようにして、成膜された基板におけるTa薄膜の結晶構造を成膜直後に判別することができるので、成膜不良の発生を成膜直後に発見することが可能であり、不良発生による損害を最小限におさえることが可能である。

【0036】また計算機16では、前述のようにして、成膜品5上の複数測定点において判別されたTa薄膜の結晶構造を基に、成膜品5面内でのTa薄膜の結晶構造分布を解析する。解析された結晶構造分布は、計算機16の画面上に表示される。前記結晶構造分布によれば、成膜品5面内で低抵抗を有する α -Taが形成され難い箇所などを判断することができ、成膜時の不備を発見して改善することも可能である。

【0037】以上のように構成された本発明のTa薄膜結晶構造判別装置において利用する特性の詳細につい

て、以下に説明する。

【0038】まず α -Ta、 β -Taおよび $\alpha+\beta$ 相Taの各Ta薄膜を形成して、各Ta薄膜の結晶構造、比抵抗および反射率を測定し、その相関係から膜表面の反射強度を測定することによって、低抵抗を有するTa薄膜である α -Ta、高抵抗を有するTa薄膜である β -Taおよび $\alpha+\beta$ 相Taのうちのいずれかを判定することが可能であることを説明する。

【0039】図7は、基板上にTaN薄膜およびTa薄膜を順次積層した成膜品の断面構造の例を示す断面図である。第1層としてのTaN薄膜2は、透明ガラス基板1上にスパッタリング成膜技術を用いて成膜される。スパッタリング成膜技術としては、Taターゲットを用いてAr/N₂ガス混合雰囲気中での反応性スパッタリングで成膜される。第2層としてのTa薄膜3は、Taターゲットを用いてArガス雰囲気中のスパッタリングで成膜される。以上の成膜手法によって、第1層のTaN薄膜2上に第2層のTa薄膜3が成膜された薄膜4を有する成膜品5が作製される。

【0040】作製される成膜品5において、第1層としてのTaN薄膜2の成膜時に、Ar/N₂流量比、スパッタ中の圧力、加熱温度およびTaN薄膜2の膜厚などを適当な条件に設定しなければ、TaN薄膜2上につづいて成膜する第2層としてのTa薄膜3は、充分 α 相化せず、膜中に β 相が混在して低抵抗化が図れない。第2層成膜時には、第1層成膜時ほど厳密に成膜条件を設定する必要はないが、Ta薄膜3を充分 α 相化させるため、スパッタ圧力および加熱温度などを最適化する必要がある。

【0041】各々 β -Ta、 α -Taまたは $\alpha+\beta$ 相Taから成るTa薄膜3を得るため、前述の成膜手法において、第1層成膜時のAr/N₂流量比を変更することによって、各種成膜品5を作製した。具体的には、第1層成膜時のN₂/Ar流量比を0%~15%の範囲の複数の異なる流量比に設定した。その他の成膜条件は、各種成膜品5について同じであり、第1層の成膜条件は、膜厚500Å、スパッタ時の圧力を約0.4Pa、ターゲットへの投入電力を4W/cm²および加熱温度を1000℃に設定した。第2層の成膜条件は、膜厚2500Å、スパッタ時の圧力を約0.4Pa、ターゲットへの投入電力を4W/cm²および加熱温度を1000℃に設定して、Arガスのみ導入した。以上の成膜条件において、特に第1層成膜時のN₂/Ar流量比を各々0%、3%および12%とした成膜条件を、条件1、条件2および条件3とする。

【0042】図8は、第1層成膜時のN₂/Ar流量比と第2層のTa薄膜の比抵抗との関係を示す相関図である。

【0043】図9は、異なる第1層成膜時のN₂/Ar流量比で形成された薄膜における第2層のTa薄膜のX

線回折（以下、「XRD」と略称する。）結果を示すXRDスペクトル図である。（a）～（c）は N_2/Ar ガス流量比が各々0%、3%および12%で形成された薄膜のXRD結果である。

【0044】図8および図9の結果から、条件1で形成された薄膜において、Ta薄膜の比抵抗は $170\mu\Omega\text{cm}$ となって低抵抗化せず、XRD結果は $\beta-Ta$ のみの存在を示している。条件2で形成された薄膜において、Ta薄膜の比抵抗は $100\mu\Omega\text{cm}$ で、XRD結果は $\alpha-Ta$ と $\beta-Ta$ とが混合して存在していることを示している。条件3で形成された薄膜において、Ta薄膜の比抵抗は約 $25\mu\Omega\text{cm}$ の低抵抗が得られ、XRD結果は $\alpha-Ta$ のみの存在を示している。

【0045】図10は、条件1～3で形成された各薄膜におけるTa薄膜表面への照射光の波長とその反射率との関係を示す相関図である。反射率は、反射率測定器にオリンパス工業社製の顕微分光OSP-SP100を用い、Al（アルミニウム）薄膜を対照として測定した。なお反射率は、Al薄膜上での反射光の強度を100%としたときの、Ta薄膜表面の反射光の強度の割合である。

【0046】図10の結果から、 $\alpha-Ta$ （L1）と $\beta-Ta$ （L3）または $\alpha+\beta$ 相Ta（L2）とは、前記波長と反射率との相関関係において顕著な差があることが判る。

【0047】図11は、図10に示す波長と、 $\alpha-Ta$ と $\beta-Ta$ または $\alpha+\beta$ 相Taとの反射率差との関係を示す相関図である。図11の結果から、波長550～600nmの範囲の可視光域で、 $\alpha-Ta$ と $\beta-Ta$ との反射率差（L5）および $\alpha-Ta$ と $\alpha+\beta$ 相Taとの反射率差（L4）がともに最大となり、これらの反射率差の差も最大となっている。したがって、前記範囲の波長での反射率において、最も明確に $\alpha-Ta$ 、 $\beta-Ta$ および $\alpha+\beta$ 相Taのうちのいずれの結晶構造であるかを判別することが可能であることが判る。具体的には反射率が40%以上45%以下であれば十分に α 相化したTa薄膜が得られたと判断し、反射率Rが $45\%<R<55\%$ であれば $\alpha-Ta$ および $\beta-Ta$ が混在している $\alpha+\beta$ 相Taと判断し、さらに反射率が55%以上であれば $\beta-Ta$ であると判断することが可能であることが判る。

【0048】以上の原理によって、図1に示す計算機16において、成膜品におけるTa薄膜の結晶構造を判別するための条件が設定される。すなわちTa薄膜に入射される光の反射率は、可視光領域において該Ta薄膜の結晶構造によって異なり、図10に示すような特性を示す。

【0049】すなわち550～600nmの範囲の波長での反射率において、最も明確に $\alpha-Ta$ 、 $\beta-Ta$ および $\alpha+\beta$ 相Taのうちのいずれの結晶構造であるかを

判別可能である。具体的には、反射率Rが45%以下であれば十分に α 相化したTa薄膜が得られたと判断し、反射率Rが $45\%<R<55\%$ であれば $\alpha-Ta$ および $\beta-Ta$ が混在している $\alpha+\beta$ 相Taと判断し、反射率が55%以上であれば $\beta-Ta$ であると判断することが可能である。そこで波長550nmでの反射率Rを利用して下記の判別条件を設定した。なお反射率はAl薄膜を対照とした。

（判別条件）

反射率R	判定結晶構造
$R\leq 45\%$	$\alpha-Ta$
$45\%<R<55\%$	$\alpha-Ta$ 、 $\beta-Ta$ 混在
$55\%\leq R$	$\beta-Ta$

【0050】

【発明の効果】本発明によれば、Ta薄膜からの反射光の強度によって該Ta薄膜の結晶構造を解析することによって、成膜後の基板を損傷することなく成膜した全基板についてTa薄膜の結晶構造の判定を実施することが可能となり、製品歩留まりの向上、製品品質の安定管理に寄与することができる。

【0051】本発明によれば、複数箇所からの反射光を受光する光ファイバを用いることによって、より短時間で測定できるので、製品良品率および生産効率の向上、ひいては製品原価の低減に大きく寄与できる。

【0052】本発明によれば、波長ごとの反射光の強度に基づいてTa薄膜の結晶構造を解析することによって、より確実にTa薄膜の結晶構造の判定することができ、製品歩留まりの向上、製品品質の安定管理に大きく寄与することができる。

【0053】本発明によれば、より確実に $\alpha-Ta$ 薄膜が形成されたか否かを判定することができ、成膜不良の発生をより容易かつ正確に判断することが可能である。

【0054】本発明によれば、基板面内での結晶構造分布が判断されることによって、基板面内で低抵抗を有する $\alpha-Ta$ が形成され難い箇所などを容易に判断して、成膜処理の改善に寄与することができるので、製品良品率および生産効率の向上、ひいては製品原価の低減に大きく寄与できる。

【0055】本発明によれば、成膜された基板におけるTa薄膜の結晶構造を成膜直後に判別することができるので、成膜不良の発生を成膜直後に発見することが可能であり、不良発生による損害を最小限におさえることが可能である。

【0056】本発明によれば、Ta薄膜からの反射光の強度によって該Ta薄膜の結晶構造を解析することによって、成膜後の基板を損傷することなく成膜した全基板についてTa薄膜の結晶構造の判定を実施することが可能となり、製品歩留まりの向上、製品品質の安定管理に大きく寄与することができる。

【0057】本発明によれば、波長ごとの反射光の強度

に基づいてTa薄膜の結晶構造を解析することによって、より確実にTa薄膜の結晶構造の判定することができ、製品歩留まりの向上、製品品質の安定管理に大きく寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態であるTa薄膜結晶構造判別装置の概略構成を示す構成図である。

【図2】図1に示す光ファイバ12の構成を詳細に説明するための構成図である。

【図3】図1に示す遮光シャッタ14の概略構成を説明するための構成図である。

【図4】図1に示す分光器15および計算機16が実行する結晶構造判別の処理手順を説明するためのフローチャート図である。

【図5】図1に示すTa薄膜結晶構造判別装置の設置例を示す側面図である。

【図6】図5の側面図に対応する平面図および平面拡大図であり、(a)は平面図および(b)は(a)に示す一部の平面拡大図である。

【図7】基板上にTa₂N薄膜およびTa薄膜を順次積層

した成膜品の断面構造の例を示す断面図である。

【図8】第1層成膜時のN₂/Ar流量比と第2層のTa薄膜の比抵抗との関係を示す相関図である。

【図9】異なる第1層成膜時のN₂/Ar流量比で形成された薄膜における第2層のTa薄膜のX線回折結果を示すXRDスペクトル図である。

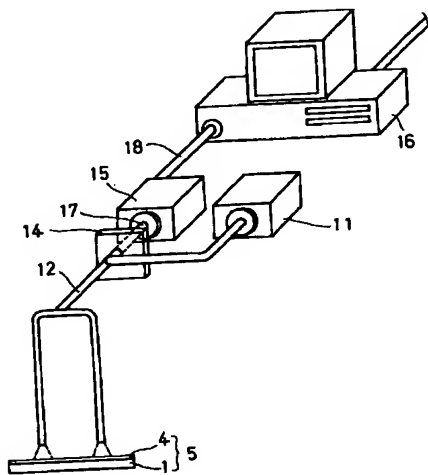
【図10】条件1～3で形成された各薄膜におけるTa薄膜表面への照射光の波長とその反射率との関係を示す相関図である。

【図11】図10に示す波長と、 α -Taと β -Taまたは $\alpha + \beta$ 相Taとの反射率差との関係を示す相関図である。

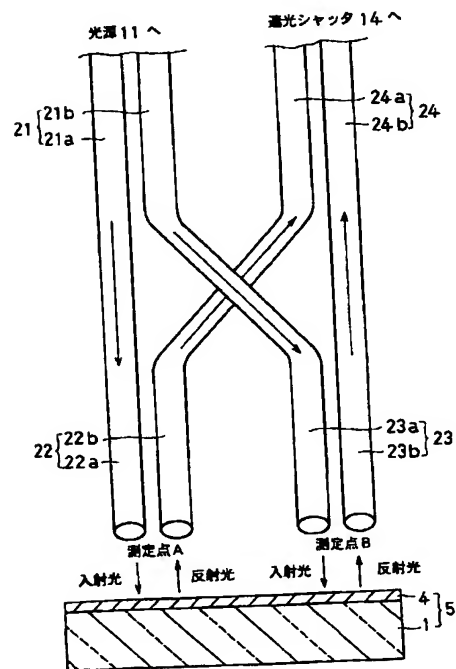
【符号の説明】

- 1 基板
- 5 成膜品
- 11 光源
- 12, 17, 18 光ファイバ
- 14 遮光シャッタ
- 15 分光器
- 16 計算機

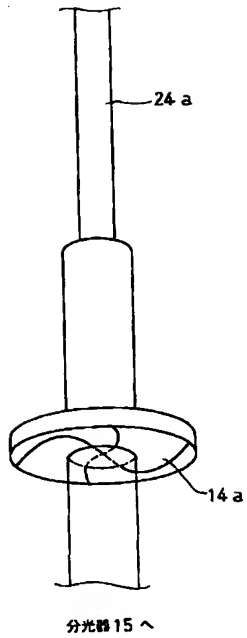
【図1】



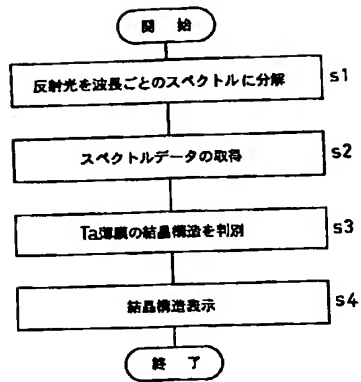
【図2】



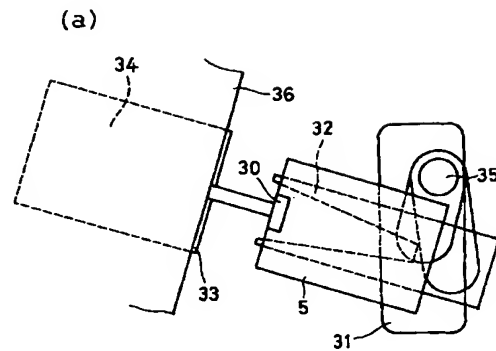
【図3】



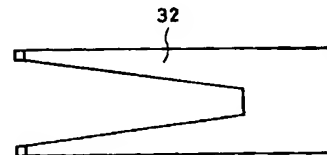
【図4】



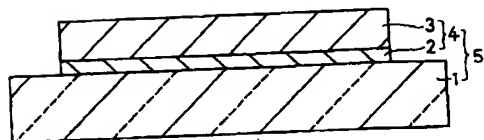
【図6】



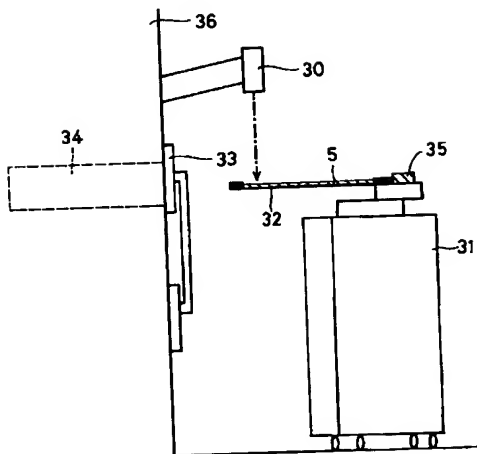
(b)



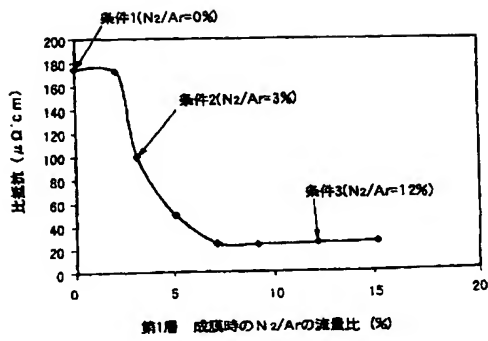
【図7】



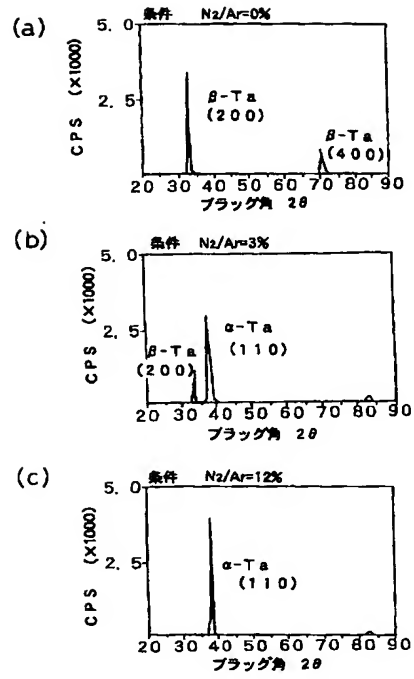
【図5】



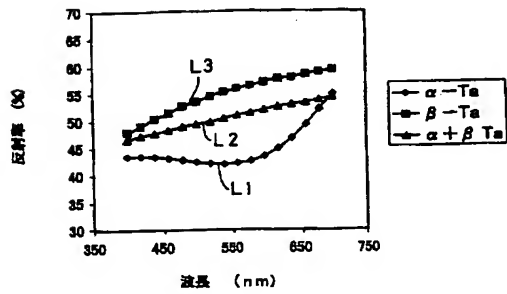
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

